

Παραδείγματα



1

Βασικές αρχές

Διαχείριση κρατουμένου στα κυκλώματα

- Αρχιτεκτονικές αθροιστών
- Δένδρα πολλαπλασιαστών
- Σήματα propagate/generate

Διαχείριση προσημασμένων ακεραίων

- Κωδικοποιήσεις
- Διορθωτικές σταθερές
- Επέκταση προσήμου

Βασικά δομικά στοιχεία στο υλικό

- Πλήρεις αθροιστές
- Διαχείριση σημάτων propagate/generate

Κωδικοποιήσεις

- Modified Booth
- High-radix

2

Παράδειγμα

- Να σχεδιαστεί κύκλωμα υπολογισμού τετραγώνου αριθμού τεσσάρων δυαδικών ψηφίων, χρησιμοποιώντας αναπαράσταση δεδομένων
 - Χωρίς πρόσημο
 - Με πρόσημο σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο

3

Έκφραση δεδομένων

- Έκφραση δεδομένων χωρίς πρόσημο

$$X = \sum_{i=0}^3 x_i 2^i$$

- Έκφραση δεδομένων με πρόσημο σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο

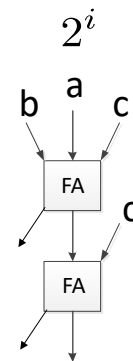
$$X = -x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i$$

- Υπολογισμός τετραγώνου $Y = X^{i=0} \cdot X$.

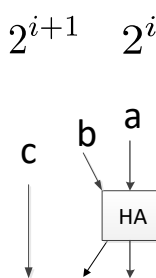
4

Απλοποιήσεις

$x_i x_i = x_i$



$x_i x_j = x_j x_i$



$$(a + b + c + c)2^i = (a + b + 2 \cdot c)2^i = (a + b)2^i + c2^{i+1}$$

5

Πολλαπλασιασμός (unsigned)

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3y_3	x_3y_2	x_2y_2	x_2y_1	x_2y_0	x_1y_0	x_0y_0
	x_2y_3	x_3y_1	x_1y_2	x_0y_2	x_0y_1	
		x_1y_3	x_3y_0	x_1y_1		
			x_0y_3			

$$\sum_{i=0}^3 x_i 2^i \sum_{j=0}^3 y_j 2^j = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 y_j x_i 2^{i+j}$$

6

Υπολογισμός Τετραγώνου (unsigned)

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3x_3	x_3x_2	x_2x_2	x_2x_1	x_2x_0	x_1x_0	x_0x_0
	x_2x_3	x_3x_1	x_1x_2	x_0x_2	x_0x_1	
		x_1x_3	x_3x_0	x_1x_1		
			x_0x_3			

$$\sum_{i=0}^3 x_i 2^i \sum_{j=0}^3 x_j 2^j = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 x_j x_i 2^{i+j}$$

7

Υπολογισμός Τετραγώνου (unsigned) – δυνατότητα απλοποιήσεων

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3x_3	x_3x_2	x_2x_2	x_2x_1	x_2x_0	x_1x_0	x_0x_0
	x_2x_3	x_3x_1	x_1x_2	x_0x_2	x_0x_1	
		x_1x_3	x_3x_0	x_1x_1		
			x_0x_3			

$$\begin{aligned} x_i x_i &= x_i \\ x_i x_j &= x_j x_i \\ x_i x_j + x_j x_i &= 2x_i x_j \end{aligned}$$

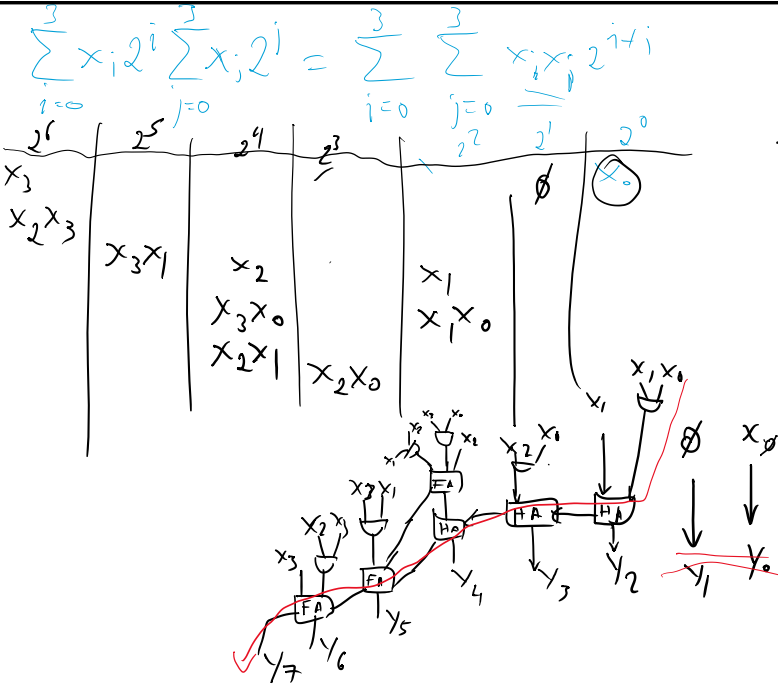
8

Υπολογισμός Τετραγώνου (unsigned είσοδοι) –
μετά από απλοποιήσεις

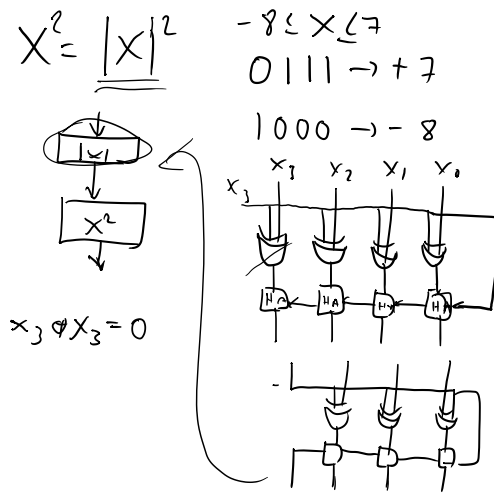
2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3	x_3x_1	x_2	x_0x_2	x_1	0	x_0
x_3x_2		x_0x_3		x_0x_1		
		x_1x_2				

$$\begin{aligned}x_i x_i &= x_i \\x_i x_j &= x_j x_i \\x_i x_j + x_j x_i &= 2x_i x_j\end{aligned}$$

9



10



11

Υπολογισμός τετραγώνου κατ' αντιστοιχία με Baugh-Wooley

$$X = -x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i$$

$$\begin{aligned}
 X \cdot X &= \left(-x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \right) \left(-x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \right) \\
 &= x_3 x_3 2^6 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \\
 &\quad - x_3 2^3 \sum_{i=0}^2 x_i 2^i - x_3 2^3 \sum_{i=0}^2 x_i 2^i
 \end{aligned}$$

12

Υπολογισμός τετραγώνου κατ' αντιστοιχία με Baugh-Wooley

$$\begin{aligned}
 X &= -x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \\
 X \cdot X &= \left(-x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \right) \left(-x_3 2^3 + \sum_{i=0}^2 x_i 2^i \right) \\
 &= x_3 x_3 2^6 + \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 x_i x_j 2^{i+j} \\
 &\quad - x_3 2^4 \sum_{i=0}^2 x_i 2^i
 \end{aligned}$$

13

$$-x_3 2^4 \sum_{j=0}^2 x_j 2^j = - \sum_{j=0}^2 x_3 x_j 2^{j+4}$$

$$= - (x_3 x_0 2^4 + x_3 x_1 2^5 + x_3 x_2 2^6)$$

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3		$x_1 x_2$	$x_2 x_1$ $x_1 x_2$	$x_0 x_2$ $x_2 x_0$ $x_1 x_1$	$x_0 x_1$ $x_1 x_0$	$x_0 x_0$
$(-x_3 x_2)$	$(-x_3 x_1)$	$(-x_3 x_0)$				

14

$$-x_3 2^4 \sum_{j=0}^2 x_j 2^j = - \sum_{j=0}^2 x_3 x_j 2^{j+4} =$$

$$= -(x_3 x_2 2^6 + x_3 x_1 2^5 + x_3 x_0 2^4)$$

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3		x_1			0	$x_0 x_0$
		$x_2 x_1$	$x_2 x_0$	x_1 $x_1 x_0$		
$(-x_3 x_2)$	$(-x_3 x_1)$	$(-x_3 x_0)$				

15

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
0	$x_3 x_2$	$x_3 x_1$	$x_3 x_0$	0	0	0	0
1	$\overline{x_3 x_2}$	$\overline{x_3 x_1}$	$\overline{x_3 x_0}$	1	1	1	1
							1

$$= -(x_3 x_2 2^6 + x_3 x_1 2^5 + x_3 x_0 2^4)$$

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3		x_1			0	$x_0 x_0$
		$x_2 x_1$	$x_2 x_0$	x_1 $x_1 x_0$		
$(-x_3 x_2)$	$(-x_3 x_1)$	$(-x_3 x_0)$				

16

2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

0 x_3x_2 x_3x_1 x_3x_0 0 0 0 0

1 $\overline{x_3x_2}$ $\overline{x_3x_1}$ $\overline{x_3x_0}$ 1 0 0 0

$$= -(x_3x_2 \cdot 2^6 + x_3x_1 \cdot 2^5 + x_3x_0 \cdot 2^4)$$

2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
x_3		x_1			$\emptyset$	x_0
		x_2x_1	x_2x_0	x_1x_0		
$(\overline{x_3x_2})$	$(\overline{x_3x_1})$	$(\overline{x_3x_0})$				

17

Bit products για τετράγωνο αριθμού εκφρασμένου σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
	x_3		x_2	x_2x_0	x_1	0	x_0
			x_2x_1		x_1x_0		
			1				
1	$\overline{x_3x_2}$	$\overline{x_3x_1}$	$\overline{x_3x_0}$				

18

Παράδειγμα 2

- Να σχεδιαστεί κύκλωμα υπολογισμού της παράστασης $Y = 47X$.
- Να επιλέξετε κατάλληλη κωδικοποίηση της σταθερής ώστε να απλοποιηθεί το κύκλωμα.
- Να σχεδιάσετε το κύκλωμα θεωρώντας ότι το X είναι σε αναπαράσταση συμπληρώματος με τέσσερα δυαδικά ψηφία.

19

Κωδικοποιήσεις

- Δύο κωδικοποιήσεις έχουν ενδιαφέρον:

$$47 = 32 + 15 = 101111 \Rightarrow 11000\bar{1} \quad (-1)$$

$$47 = 32 + 16 - 1$$

- Η κωδικοποίηση της σταθερής οδηγεί σε διαφορετική έκφραση

$$Y = 32X + 8X + 4X + 2X + X = 47X$$

$$Y = 32X + 16X - X = 47X$$

20

Σημεία

- Η κωδικοποίηση καθορίζει την πολυπλοκότητα
- Πόσα δυαδικά ψηφία χρειάζονται για την αναπαράσταση του Y .
- Διαχείριση της επέκτασης προσήμου

$X \rightarrow 1000, 0111 = -8, +7$
 $Y \ 47*(-8) = -376, +329$
 $1000000000 = -512 = -2^9 \Rightarrow 10 \text{ bits}$

21

X, χωρίς πρόσημο

$Y = 32 X + 8 X + 4 X + 2 X + X$ $0 \leq X \leq 15$

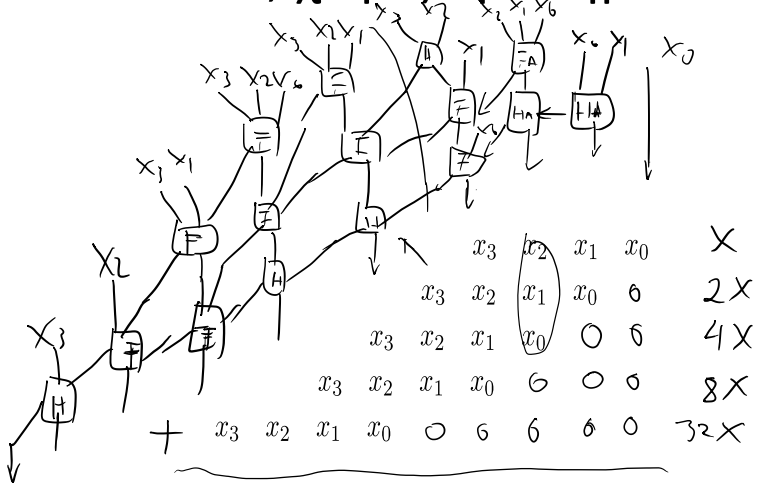
$47 * 15 = 705 \rightarrow 10 \text{ bits}$

$\left\lceil \frac{\log 705}{\log 2} \right\rceil = 10$

x_3	x_2	x_1	x_0		X	
x_3	x_2	x_1	x_0	0	$2X$	
x_3	x_2	x_1	x_0	0 0	$4X$	
x_3	x_2	x_1	x_0	0 0 0	$8X$	
$+$	x_3	x_2	x_1	x_0	0 0 0 0 0	$32X$

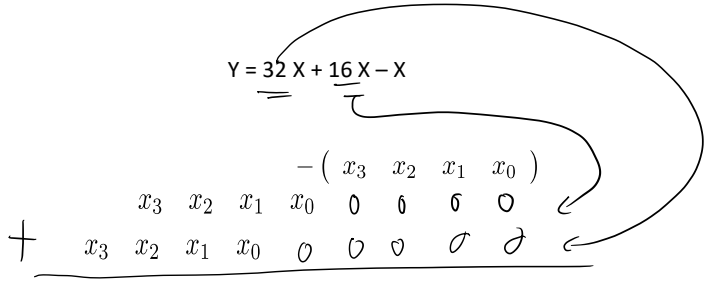
22

X, χωρίς πρόσημο



23

X, χωρίς πρόσημο



24

X, χωρίς πρόσημο

$$- \begin{pmatrix} x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \end{pmatrix}$$
$$x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$$
$$x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$$

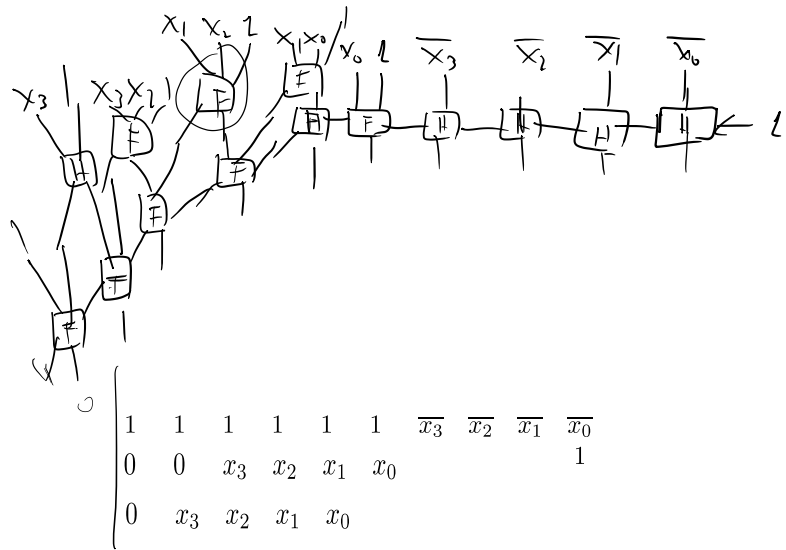
$$Y = 32 X + 16 X - X$$

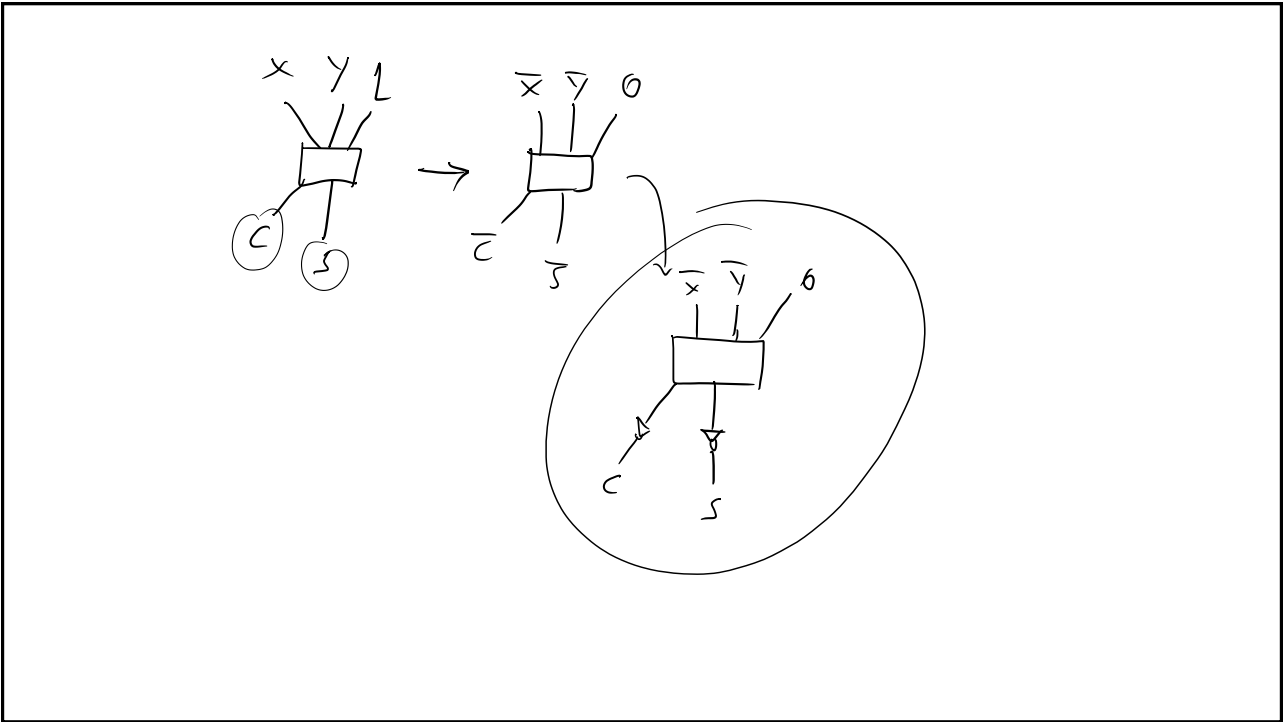
47 * 15 = 705 → 10 bits

$$- \begin{pmatrix} x_3 & x_2 & x_1 & x_0 \end{pmatrix}$$
$$1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad \overline{x_3} \quad \overline{x_2} \quad \overline{x_1} \quad \overline{x_0}$$
$$1$$

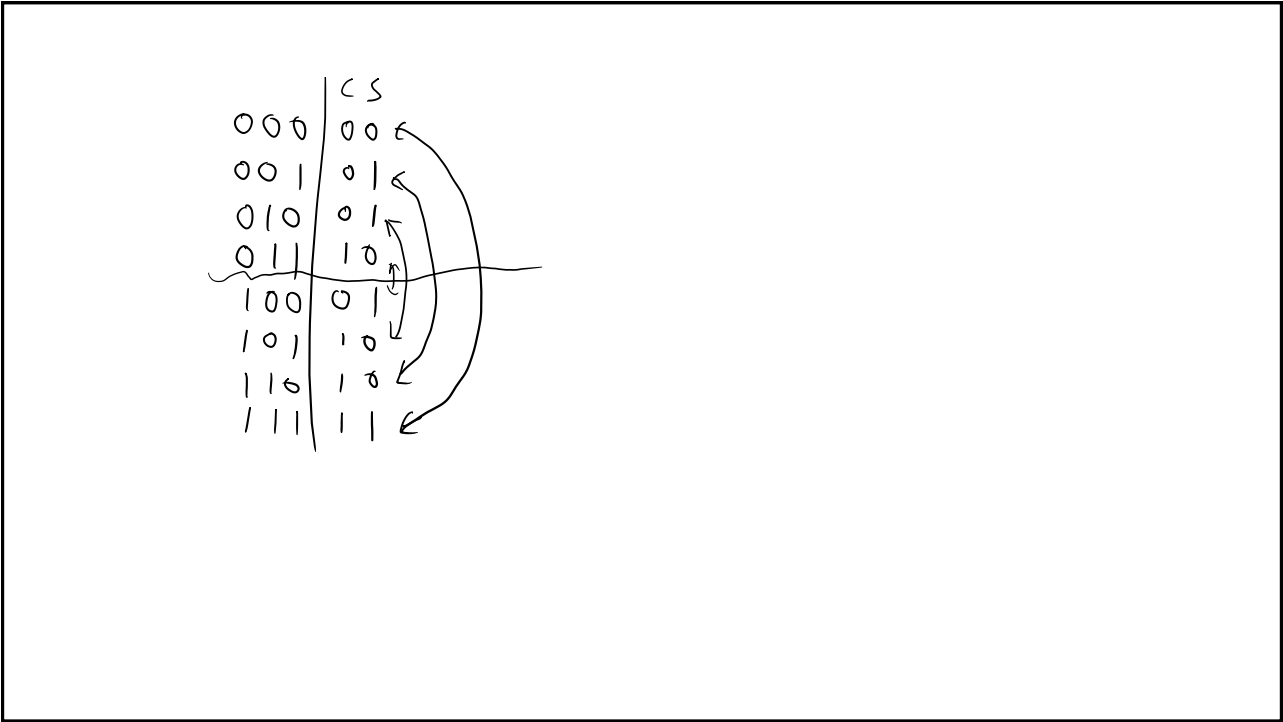
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & \overline{x_3} & \overline{x_2} & \overline{x_1} & \overline{x_0} \\ 0 & 0 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & & & & 1 \\ 0 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & & & & & \end{pmatrix}$$

X, χωρίς πρόσημο





27



28

X , αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο

$$Y = 32X + 8X + 4X + 2X + X$$

$$X = -x_32^3 + x_22^2 + x_12^1 + x_02^0$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

29

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{matrix}$$

$$X = -x_32^3 + x_22^2 + x_12^1 + x_02^0$$

$$-8 \leq X \leq 7 \qquad -376 \leq Y \leq 349$$

30

$$\begin{array}{cccc} (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \\ (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \\ (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \\ (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \\ (-x_3) & x_2 & x_1 & x_0 \end{array}$$

31

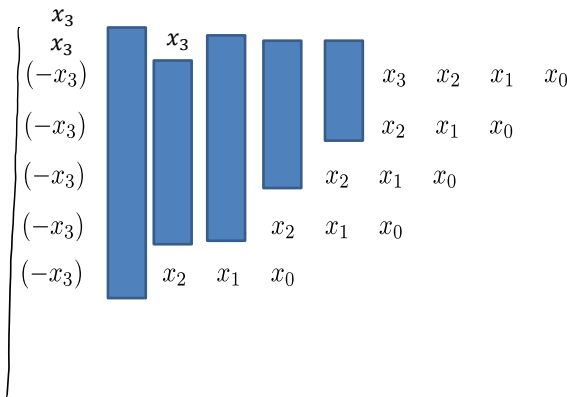
$Y = 32X + 8X + 4X + 2X + X$

$(-x_3)$	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_2	x_1	x_0
$(-x_3)$	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_2	x_1	x_0
$(-x_3)$	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_2	x_1	x_0
$(-x_3)$	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_2	x_1	x_0
$(-x_3)$	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_3	x_2	x_1	x_0

Below the grid, a row of terms is shown: $x_2, x_1, x_2, x_1, x_3, x_2, x_1, x_0$. A large arrow points from the grid to this row.

32

$Y = 32X + 8X + 4X + 2X + X$



33

Χ, αναπαράσταση
συμπληρώματος του δύο

$Y = 32 X + 16 X(-X)$

$- \left((-x_3) \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0 \right) \leftarrow$
 $(-x_3) \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$
 $(-x_3) \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$

$- \left((-x_3) \quad x_3 \quad x_3 \quad x_3 \quad x_3 \quad x_3 \quad x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0 \right)$
 $(-x_3) \quad x_3 \quad x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$
 $(-x_3) \quad x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0$

34

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x)$

$16x$

$32x$

$47x$

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_2

x_1

x_0

1

35

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_3

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_2

x_1

x_0

$x + \overline{x} = 1$

(-1)

1

1

x_2

x_1

x_0

$(-x_3)$

x_3

x_2

x_1

x_0

36

Handwritten notes on a whiteboard showing two matrix calculations and a definition.

Top Calculation:

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_2} & \overline{x_1} & \overline{x_0} \\ x_2 & x_1 & x_0 & & & & \end{matrix} = \begin{matrix} -x_3 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & 1 \end{matrix}$$

Bottom Calculation:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{matrix} \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_2} & \overline{x_1} & \overline{x_0} \\ x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & & & \end{matrix} = \begin{matrix} x_3 & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & 1 \end{matrix}$$

Definition:

$$x_3 = 1 - x_3$$

37

$$\begin{array}{cccccccc}
 \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_3} & \overline{x_2} & \overline{x_1} & \overline{x_0} & \\
 & 1 & 1 & x_2 & x_1 & x_0 & & 1 \\
 \overline{x_3} & x_3 & x_2 & x_1 & x_0 & & &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 X = 1000 = -8 \\
 \quad \quad \quad x_3 \quad x_2 \quad x_1 \quad x_0
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccccc}
 & & & 0 & 0 & 0 & 0 & | & 1 & 1 & 1 \\
 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & & & & 1 \\
 + & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & & & & & \\
 \hline
 & 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0
 \end{array}$$

$$-512 + 128 + 8 = -376 \quad \checkmark$$

38

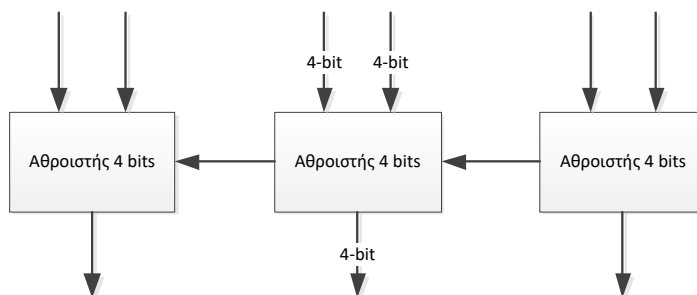
Παράδειγμα 3

- Να θεωρήσετε ότι έχετε στη διάθεσή σας blocks αθροιστών των 4-bit καθυστέρησης 4 ns και πολυπλέκτες με καθυστέρηση 1 ns, καθώς και πύλες Generate-Propagate (GP). Να κατασκευάσετε αθροιστή 12 ψηφίων με την ταχύτερη αρχιτεκτονική.

39

Αρχιτεκτονική ripple-carry

- Μέγιστη διαδρομή: 3
- Πολυπλοκότητα υλικού: 3



40

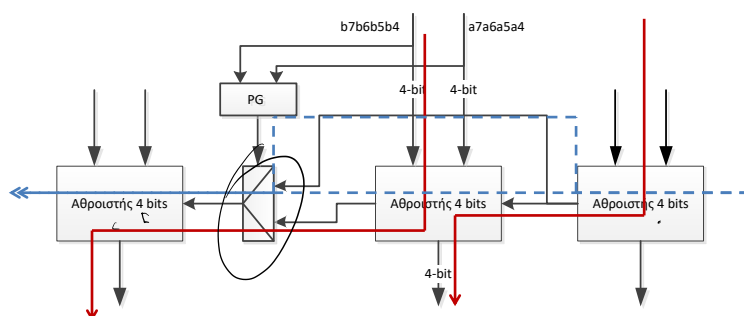
Αρχιτεκτονική carry-skip

- Μέγιστη διαδρομή:

$$2 \times 4\text{-bit} + \text{mux}$$

- Πολυπλοκότητα υλικού:

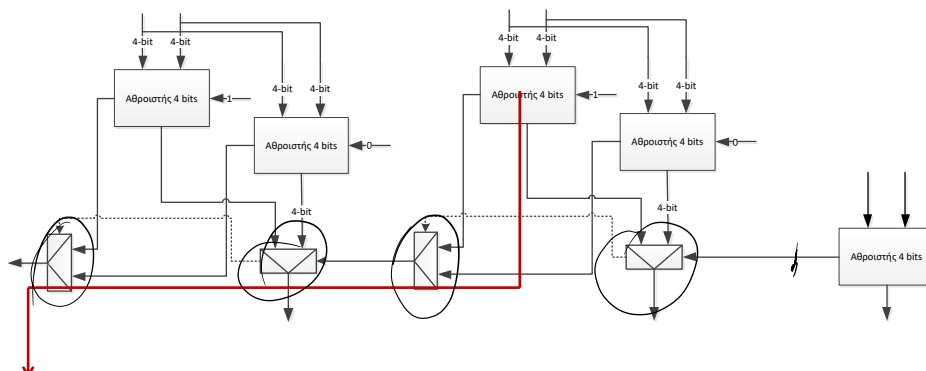
$$3 \times \underline{4\text{-bit}} + 1 \text{ PG} + \text{mux} \quad 2\text{-bit}$$



41

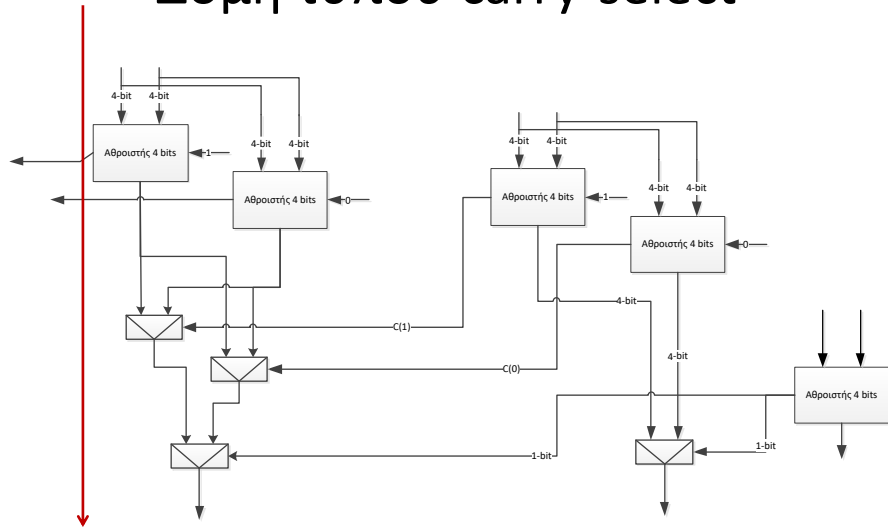
Αρχιτεκτονική carry-select

$$5 \times 4\text{-bit adders} + 2 \text{ mux } 2\text{-bit} \\ + 2 \text{ mux } 4\text{-bit}$$



42

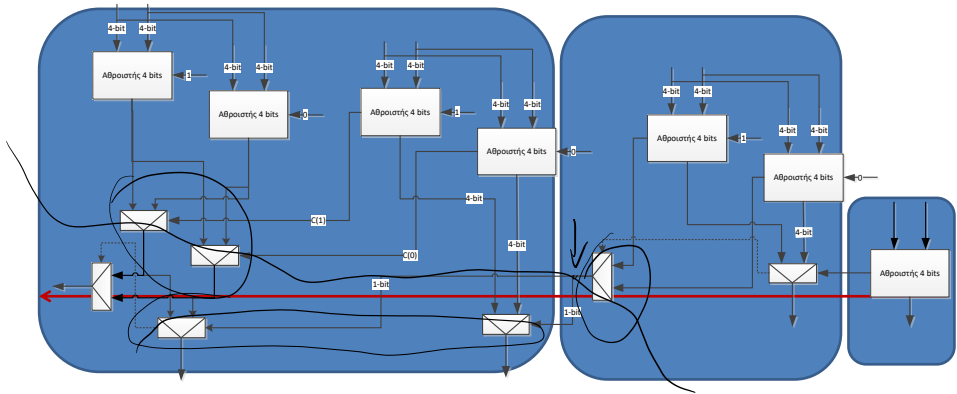
Δομή τύπου carry-select



Είναι πιο γρήγορο;

43

Κατάλληλα μεγέθη ομάδων για επιτάχυνση: λογαριθμικός αθροιστής conditional – sum

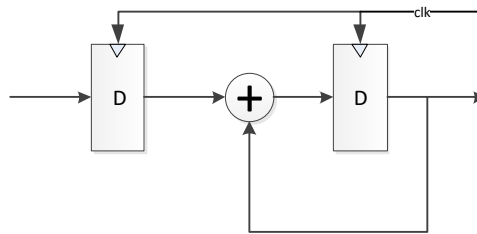


Κατάλληλο μέγεθος κάθε block: 2, 4, 8, 16, ...

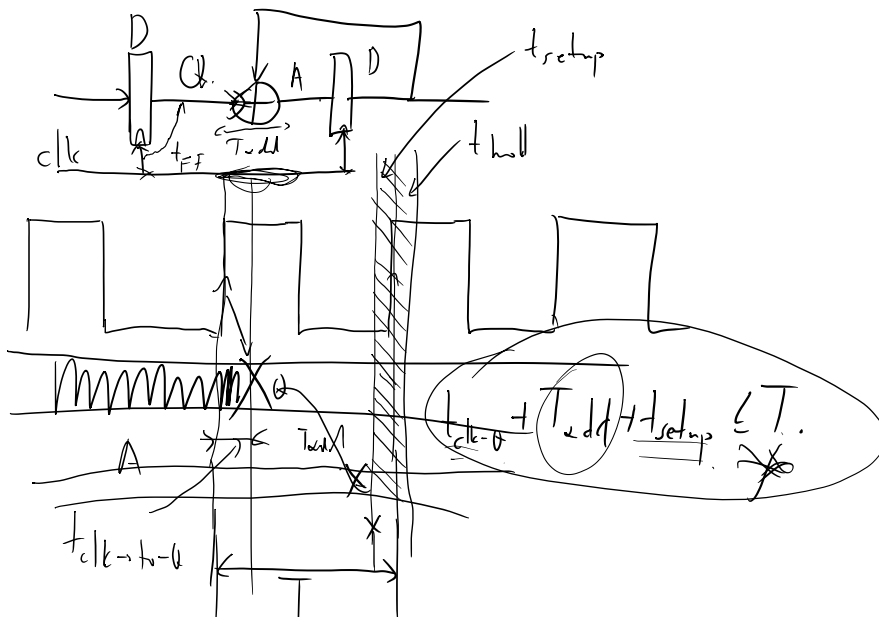
44

Παράδειγμα 4

- Να επιλέξετε την αρχιτεκτονική του αθροιστή ώστε το ακόλουθο σύστημα να λειτουργεί με περίοδο ρολογιού T . Θεωρήστε T_{hold} και $T_{\text{setup}} > 0$. Τι ρόλο παίζει το T_{skew} .



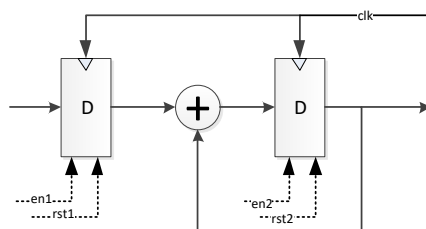
45



46

Παράδειγμα 5

- Για διαθέσιμα DFFs, πολυπλέκτες, και κατάλληλο αθροιστή να υλοποιήσετε τους υπολογισμούς
 $X = 6B$
 $X = 3B + A$
- Ποια η περίοδος του ρολογιού



47

Παράδειγμα 6

Έστω x , ακέραιος αριθμός εκφρασμένος σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο με μήκος τεσσάρων ψηφίων. Να σχεδιάσετε κύκλωμα υπολογισμού της παράστασης

$$y = \langle 2x \rangle_{11}$$

σε επίπεδο δυαδικού ψηφίου, όπου ο συμβολισμός $\langle x \rangle_{11}$ σημαίνει το υπόλοιπο της διαίρεσης του x με το 11, δηλ. $x \bmod 11$, χρησιμοποιώντας πλήρεις αθροιστές και πολυπλέκτες 2-σε-1 μόνο.

48

unsigned $x_i \in \{0,1\}$

$$\begin{aligned}
 \langle 2x_3x_2x_1x_0 \rangle_{11} &= \langle 2(x_32^3 + x_22^2 + x_12^1 + x_02^0) \rangle_{11} = \\
 &= \langle x_32^4 + x_22^3 + x_12^2 + x_02^1 \rangle_{11} = \\
 &= \langle \langle x_32^4 \rangle_{11} + \langle x_22^3 \rangle_{11} + \langle x_12^2 \rangle_{11} + \langle x_02^1 \rangle_{11} \rangle_{11} \\
 &= \langle x_3 \langle 2^4 \rangle_{11} + x_2 \langle 2^3 \rangle_{11} + x_1 \langle 2^2 \rangle_{11} + x_0 \langle 2^1 \rangle_{11} \rangle_{11} \\
 &= \langle x_35 + x_28 + x_14 + x_02 \rangle_{11}
 \end{aligned}$$

49

$x_5 = x_3^4 + x_3^2$
 $\begin{array}{c} x_4 \quad x_2 \quad x_1 \\ \swarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ x_2 \quad x_3 \quad x_0 \quad x_3 \\ \downarrow \\ x_1 \end{array}$

≥ 11 (-11)

$$= \langle \underline{x_3}^5 + \underline{x_2}^8 + \underline{x_1}^4 + \underline{x_0}^2 \rangle_{11}$$

50

Παράδειγμα 7

Έστω x , ακέραιος αριθμός εκφρασμένος σε αναπαράσταση συμπληρώματος του ένα με μήκος τεσσάρων ψηφίων. Να σχεδιαστεί κύκλωμα υπολογισμού της παράστασης x^2 χρησιμοποιώντας κατά το δυνατόν ελάχιστο πλήθος από πλήρεις αθροιστές και λογικές πύλες.

51

Σε ένα ψηφιακό σύστημα η κρίσιμη διαδρομή μεγαλύτερης καθυστέρησης $T = T_0$, καθορίζεται από έναν αθροιστή ripple carry μήκους 8 bits.

1. Να εκφράσετε το T συναρτήσει του t_{FA} .
2. Αν έχετε στη διάθεσή σας πλήρεις αθροιστές των τεσσάρων bits, οργανωμένους κατά την αρχιτεκτονική ripple carry, και πολυπλέκτες δύο εισόδων, να σχεδιάσετε αρχιτεκτονική αθροιστή η οποία θα επιτρέπει τη μείωση της κρίσιμης διαδρομής σε λιγότερο από το 60% της αρχικής.
3. Να σχεδιάσετε αντίστοιχη αρχιτεκτονική για την περίπτωση άθροισης 12 bits. Τι ποσοστό μείωσης της καθυστέρησης επιτυγχάνετε;

Να θεωρήσετε ότι ένας πλήρης αθροιστής του ενός bit έχει καθυστέρηση t_{FA} και ένας πολυπλέκτης δύο εισόδων έχει καθυστέρηση $t_{mux} = 0.5 t_{FA}$.

52

Άθροισμα πολλών όρων

- Να σχεδιάσετε κύκλωμα χρησιμοποιώντας πλήρεις αθροιστές μόνο το οποίο να αθροίζει έξι αριθμούς σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο, των τεσσάρων ψηφίων ο καθένας.
- Να σχεδιάσετε το κύκλωμα έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να συμβεί υπερχείλιση.
- Ζητείται το εν λόγω κύκλωμα να είναι το ταχύτερο δυνατό.

53

Βελτιστοποίηση πράξεων

- Έστω $x = \sum_{i=0}^3 x_i 2^i$, $x_{i,j} \in \{0,1\}$
- Να σχεδιαστεί κύκλωμα υπολογισμού της παράστασης $y = 63x^2 + 31x$ σε επίπεδο δυαδικού ψηφίου.
- Να κωδικοποιήσετε κατάλληλα τους σταθερούς συντελεστές ώστε να μειωθεί η πολυπλοκότητα και χρησιμοποιήστε την ιδιότητα $x_i x_j = x_j x_i$

54

Compressors

- Έστω δύο ακέραιοι αριθμοί X, Y οκτώ δυαδικών ψηφίων, εκφρασμένων σε αναπαράσταση συμπληρώματος του δύο.
- Να σχεδιαστεί κύκλωμα φτιαγμένο από 4:2 compressors κατάλληλο για την άθροιση των μερικών γινομένων που είναι αναγκαία για να υπολογιστεί το γινόμενο $P = X \cdot Y$, με τη μικρότερη δυνατή καθυστέρηση.